

第 04 讲 实验：用双缝干涉测量光的波长



目标导航

课程标准	课标解读
1. 掌握用双缝干涉测光的波长的原理、操作、器材、注意事项。 2. 掌握测量头的读数。	1. 了解“用双缝干涉测量光的波长”的实验原理，知道影响相邻条纹间距的因素。 2. 通过进行“用双缝干涉测量光的波长”的实验，加深对双缝干涉图样的认识和理解。 3. 认识物理实验和数学工具在物理发展过程中的作用。



知识精讲

知识点 01 实验目的、实验原理

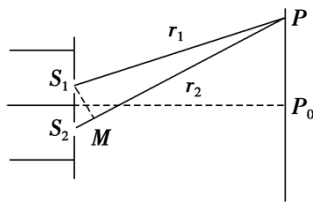
1. 实验目的

- (1) 观察白光及单色光的双缝干涉图样。
- (2) 掌握用公式 $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$ 测定波长的方法。
- (3) 会用测量头测量条纹间距离。

2. 实验原理

相邻明纹(或暗纹)间的距离 Δx 与入射光波长 λ 之间的定量关系推导

如图所示，双缝间距 d ，双缝到屏的距离 l 。双缝 S_1 、 S_2 的连线的中垂线与屏的交点为 P_0 。对屏上与 P_0 距离为 x 的一点 P ，两缝与 P 的距离 $PS_1 = r_1$ ， $PS_2 = r_2$ 。在线段 PS_2 上作 $PM = PS_1$ ，则 $S_2M = r_2 - r_1$ ，因 $d \ll l$ ，三角形 S_1S_2M 可看作直角三角形。则



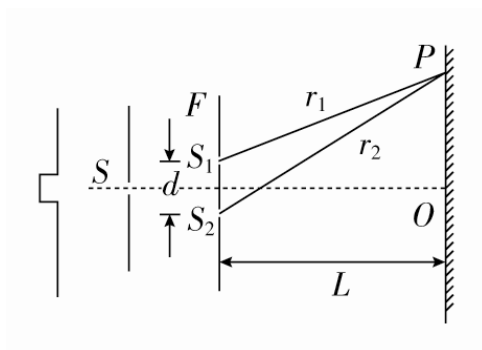
$r_2 - r_1 = d \sin \theta$ (令 $\angle S_2 S_1 M = \theta$)。另 $x \approx l \tan \theta \approx l \sin \theta$ 则 $r_2 - r_1 = d \frac{x}{l}$

若 P 处为亮纹, 则 $d \frac{x}{l} = \pm k \lambda$, ($k=0, 1, 2, \dots$)

解得 $x = \pm k \frac{l}{d} \lambda$ 。 ($k=0, 1, 2, \dots$)

相邻两亮纹或暗纹的中心间距 $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$ 。

【即学即练 1】 某一质检部门为检测一批矿泉水的质量, 利用干涉原理测定矿泉水的折射率。方法是只需要将矿泉水填充到特制容器中, 放置在双缝与荧光屏之间(之前为空气)(如图所示, 特制容器未画出), 通过比对填充后的干涉条纹间距 x_2 和填充前的干涉条纹间距 x_1 就可以计算出矿泉水的折射率(设空气的折射率为 1), 则下列说法正确的是()



A. $x_2 < x_1$

B. $x_2 > x_1$

C. 该矿泉水的折射率为 $\frac{x_1}{x_2}$

D. 该矿泉水的折射率为 $\frac{x_2}{x_1}$

【解析】 把空气换成矿泉水后, 入射光的频率 f 不变, 光在介质中的传播速度减小, 根据 $v = \lambda f$, 可知波长减小。根据单色光双缝干涉中相邻两亮条纹间距公式 $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$ 可知, 对同一个装置来说, 条纹间距与波长成正比, 波长减小, 条纹间距减小, 即 $x_2 < x_1$, A 正确, B 错误;

因为 $n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$, 所以该矿泉水的折射率为 $\frac{x_1}{x_2}$, C 正确, D 错误。

【答案】 AC

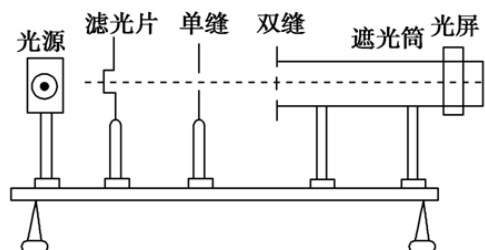
知识点 02 实验器材与实验步骤

1. 实验器材:

双缝干涉仪：包括光源、滤光片、单缝、双缝、遮光筒、毛玻璃光屏、光具座、测量头及刻度尺等。

2. 实验步骤

(1) 观察双缝干涉图样



① 将光源、遮光筒、毛玻璃光屏依次安放在光具座上，如图所示。

② 接好光源，打开开关，使灯丝正常发光。

③ 调节各器件的高度，使光源灯丝发出的光能沿轴线到达光屏。

④ 安装双缝和单缝，中心大致位于遮光筒的轴线上，使双缝与单缝平行，二者间距约为 5~10 cm，这时可观察到白光的干涉条纹。

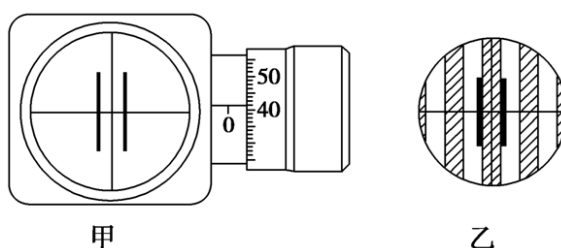
⑤ 在单缝和光源间放上滤光片，观察单色光的干涉条纹。

(2) 测定单色光的波长

① 安装测量头，调节至可清晰观察到干涉条纹。

② 使分划板的中心刻线对齐某条亮条纹的中央，如图所示，记下手轮上的读数 a_1 ；转动手轮，使分划板中心刻线移至另一亮条纹的中央，记下此时手轮上的读数 a_2 ，得出 n 个亮条纹间的距离为 $a = |a_2 - a_1|$ ，则

相邻两亮条纹间距 $\Delta x = \frac{|a_2 - a_1|}{n - 1}$ 。



③ 用刻度尺测量双缝到光屏的距离 l (d 是已知的)。

④ 重复测量、计算，求出波长的平均值。

⑤ 换用不同的滤光片，重复实验。

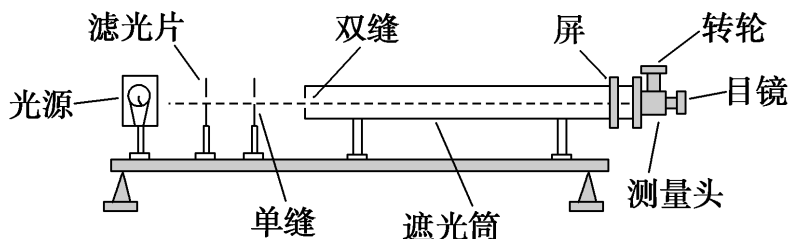
3. 数据处理

(1) 条纹间距的计算： $\Delta x = \frac{|a_2 - a_1|}{n - 1}$ 。

(2) 波长计算: $\lambda = \frac{d}{l} \Delta x$.

(3) 计算多组数据, 求 λ 的 平均值.

【即学即练 2】 某同学利用图示装置测量某种单色光的波长。实验时, 接通电源使光源正常发光: 调整光路, 使得从目镜中可以观察到干涉条纹。回答下列问题:



(1) 若想增加从目镜中观察到的条纹个数, 该同学可 _____;

- A. 将单缝向双缝靠近
- B. 将屏向靠近双缝的方向移动
- C. 将屏向远离双缝的方向移动
- D. 使用间距更小的双缝

(2) 若双缝的间距为 d , 屏与双缝间的距离为 l , 测得第 1 条暗条纹到第 n 条暗条纹之间的距离为 Δx , 则单色光的波长 $\lambda =$ _____;

(3) 某次测量时, 选用的双缝的间距为 0.300 mm, 测得屏与双缝间的距离为 1.20 m, 第 1 条暗条纹到第 4 条暗条纹之间的距离为 7.56 mm。则所测单色光的波长为 _____ nm (结果保留 3 位有效数字)。

【解析】 (1) 由 $\Delta x = \frac{\lambda l}{d}$, 因 Δx 越小, 目镜中观察得条纹数越多, 故 B 符合题意。

(2) 由 $\frac{\Delta x}{n-1} = \frac{\lambda l}{d}$, $\lambda = \frac{d \Delta x}{(n-1) l}$.

(3) $\lambda = \frac{d \Delta x}{(n-1) l} = \frac{0.3 \times 10^{-3} \text{ m} \times 7.56 \times 10^{-3} \text{ m}}{(4-1) \times 1.2 \text{ m}} \approx 6.3 \times 10^{-7} \text{ m} = 630 \text{ nm}$

【答案】 (1) B (2) $\frac{\Delta x \cdot d}{(n-1) l}$ (3) 630

知识点 03 注意事项与误差分析

1. 注意事项

(1) 双缝干涉仪是比较精密的实验仪器, 要 轻拿轻放, 不要随便拆分 遮光筒、测量头 等元件。

(2) 安装时, 要保证光源、滤光片、单缝、双缝和光屏的中心在 同一条轴线上, 并使 单缝、双缝 平行且 竖直。

(3) 光源使用线状长丝灯泡, 调节时使之与单缝平行且 靠近。

(4)实验中会出现屏上的光很弱的情况，主要是灯丝、单缝、双缝、测量头与遮光筒不共轴所致；干涉条纹是否清晰与单缝和双缝是否平行有关。

2. 误差分析

实验中的双缝间距 d 是器材本身给出的，因此本实验要注意 l 和 Δx 的测量。光波的波长很小， l 、 Δx 的测量对波长的影响很大。

(1) l 的测量： l 用毫米刻度尺测量，如果可能，可多次测量求平均值。

(2)条纹间距 Δx 的测定： Δx 利用测量头测量。可利用“累积法”测 n 条亮纹间距，再求 $\Delta x = \frac{a}{n-1}$ ，并且采用多次测量求 Δx 平均值的方法进一步减小误差。

【即学即练 3】某同学在做双缝干涉实验时，安装好实验装置，在光屏上却观察不到干涉图样，这可能是由于()

- A. 光束的中央轴线与遮光筒的轴线不一致，相差较大
- B. 滤光片、单缝、双缝的中心在同一高度
- C. 单缝与双缝不平行
- D. 光源发出的光束太强

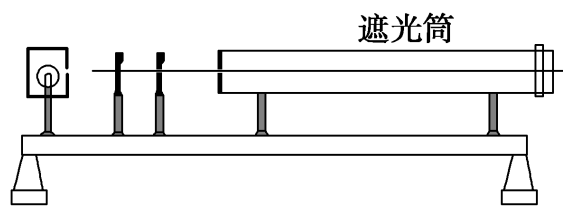
【解析】 安装实验器件时要注意：光束的中央轴线与遮光筒的轴线要重合，光源与光屏正面对，滤光片、单缝和双缝的中心要在同一高度，且在遮光筒的轴线上，单缝与双缝要互相平行才能使实验成功。当然还要使光源发出的光束不能太暗，A、C 正确。

【答案】 AC

能力拓展

考法 01 实验操作与读数

【典例 1】现有毛玻璃屏 A 、双缝 B 、白光光源 C 、单缝 D 和透红光的滤光片 E 等光学元件，要把它们放在图甲所示的光具座上组成双缝干涉装置，用以测量红光的波长。



甲

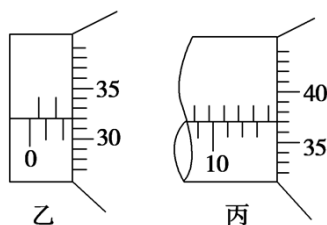
(1)将白光光源 C 放在光具座最左端，依次放置其他光学元件，由左至右，表示各光学元件的字母排列顺序应为 C 、_____、_____、_____ A 。

(2)本实验的步骤如下：

- ①取下遮光筒左侧的元件，调节光源高度，使光束能直接沿遮光筒轴线把屏照亮；
- ②按合理顺序在光具座上放置各光学元件，并使各元件的中心位于遮光筒的轴线上；
- ③用米尺测量双缝到屏的距离；
- ④用测量头(其读数方法同螺旋测微器)测量数条亮纹间的距离。

在操作步骤②时还注意_____

(3)将测量头的分划板中心刻线与某亮纹中心对齐，将该亮纹定为第 1 条亮纹，此时手轮上的示数如图乙所示。然后同方向转动测量头，使分划板中心刻线与第 6 条亮纹中心对齐，记下此时图丙中手轮上的示数为_____ mm，求得相邻亮纹的间距 $\Delta x =$ _____ mm。



(4)已知双缝间距 d 为 2.0×10^{-4} m，测得双缝到屏的距离 l 为 0.700 m，由计算式 $\lambda =$ _____，求得所测红光波长为_____ nm。

【解析】 (1)滤光片 E 是用来从白光中选出单色红光的，单缝屏是用来获得线光源的，双缝屏是用来获得相干光源的，最后成像在毛玻璃屏上。所以排列顺序为： C 、 E 、 D 、 B 、 A 。

(2)在操作步骤②时应注意的事项有：放置单缝、双缝时，必须使缝平行；要保证光源、滤光片、单缝、双缝和毛玻璃屏的中心在同一轴线上。

(3)测量头的读数应先读整数刻度，然后看半刻度是否露出，最后看可动刻度，图丙读数为 13.870 mm，图乙读数为 2.320 mm，所以相邻亮条纹间距 $\Delta x = \frac{13.870 - 2.320}{5}$ mm = 2.310 mm。

(4)由条纹间距公式 $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$ 得 $\lambda = \frac{d \Delta x}{l}$

代入数据得： $\lambda=6.6\times 10^{-7}\text{ m}=6.6\times 10^2\text{ nm}$ 。

【答案】 (1)E D B (2)见解析 (3)13.870 2. 310 (4) $\frac{d\Delta x}{l}$ 6.6×10^2

【归纳总结】

(1)本实验中的器材排序是考查的重点，光源、滤光片、单缝、双缝、遮光筒、屏，在光具座上可从左向右排，也可以从右向左排，但任何两个元件之间的排序不能颠倒，尤其是滤光片和单缝之间，要注意这一点。

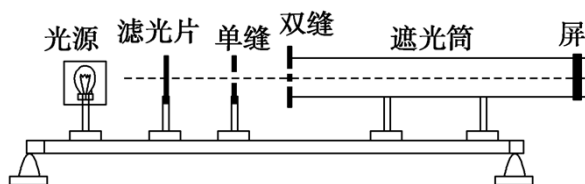
(2)本实验中处理数据时有三个关键：一是正确读取测量头的示数；二是明确 $\Delta x=\frac{a}{n-1}$ 中各个字母的含义，特别注意要与具体的条纹结合起来进行判断；三是注意单位换算和有效数字的保留。

(3)色光性质

根据 $\Delta x=\frac{l}{d}\lambda$ ，可以测出各种单色光(在空气中)的波长，再根据 $c=f\lambda$ ，可以算出各种单色光的频率。结合 $c=nv$ ， $\sin C=\frac{1}{n}$ ，还可以算出单色光在介质中的波速、波长和全反射临界角。

考法 02 对实验装置及原理的理解

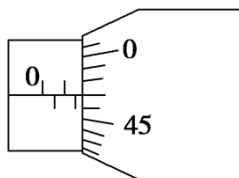
【典例 2】在用双缝干涉测光的波长实验中(实验装置如图)：



(1)下列说法错误的是_____。(填选项前的字母)

- A. 调节光源高度使光束沿遮光筒轴线照在屏中心时，应放上单缝和双缝
- B. 测量某条干涉亮纹位置时，应使测微目镜分划板中心刻线与该亮纹的中心对齐
- C. 为了减少测量误差，可用测微目镜测出 n 条亮纹间的距离 a ，求出相邻两条亮纹间距 $\Delta x=\frac{a}{n-1}$

(2)测量某亮纹位置时，手轮上的示数如图，其示数为_____mm。



【解析】 (1)应先调节光源高度、遮光筒中心及光屏中心后再放上单、双缝，选项 A 不正确。

测微目镜分划板中心刻线应与亮纹中心对齐，使得移动过程测出的条纹间距较为准确，选项 B 正确。

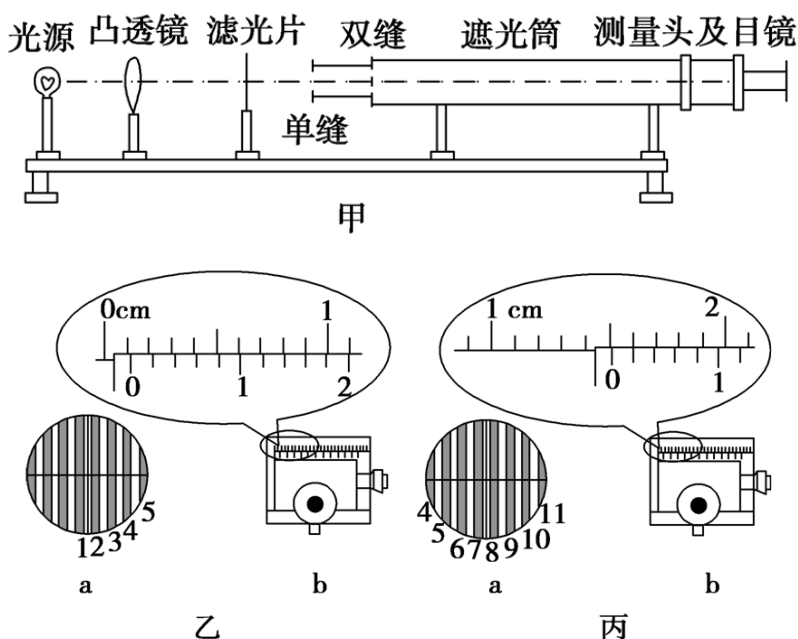
测微目镜移过 n 条亮纹，则亮条纹间距 $\Delta x = \frac{a}{n-1}$ ，选项 C 正确。故选 A。

(2) 主尺读数是 1.5 mm，螺旋读数是 47.0×0.01 mm，因此示数为 1.970 mm。

【答案】 (1)A (2)1.970

考法 03 实验数据处理

【典例 3】在“用双缝干涉测光的波长”实验中，将双缝干涉实验仪按要求安装在光具座上(如图甲所示)，并选用缝间距 $d=0.20$ mm 的双缝屏。从仪器注明的规格可知，光屏与双缝屏间的距离 $L=700$ mm。然后，接通电源使光源正常工作。



(1) 已知测量头主尺的最小刻度是毫米，副尺上有 50 分度。某同学调整手轮后，从测量头的目镜看去，第一次映入眼帘的干涉条纹如图乙 a 所示，图乙 a 中的数字是该同学给各暗纹的编号，此时图乙 b 中游标尺上的读数 $x_1=1.16$ mm；接着再转动手轮，映入眼帘的干涉条纹如图丙 a 所示，此时图丙 b 中游标尺上的读数 $x_2=$ _____ mm；

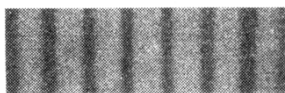
(2) 利用上述测量结果，经计算可得两个相邻明纹(或暗纹)间的距离 $\Delta x=$ _____ mm；这种色光的波长 $\lambda=$ _____ nm。

【解析】 由图知条纹移动了 6 个条纹间距的宽度，则有 $\Delta x = \frac{15.02 - 1.16}{6} \text{ mm} = 2.31 \text{ mm}$ ；再由 $\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$ ，可求出 $\lambda = \frac{0.2 \times 2.31}{700} \text{ mm} = 6.6 \times 10^2 \text{ nm}$ 。

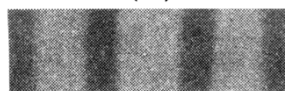
【答案】 (1)15.02 (2)2.31 6.6×10^2

题组 A 基础过关练

1. 某同学用单色光进行双缝干涉实验，在屏上观察到如图(甲)所示的条纹，仅改变一个实验条件后，观察到的条纹如(乙)图所示，他改变的实验条件可能是()



(甲)



(乙)

- A. 减小光源到单缝的距离
B. 减小双缝之间的距离
C. 减小双缝到光屏之间的距离
D. 换用频率更高的单色光源

【解析】 改变条件后亮条纹之间的间距变大，由公式 $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$ 可知，要使 Δx 增大，可增大双缝到光屏之间的距离 l ，C 错误；

减小双缝之间的距离 d ，B 对；

换用波长更长，即频率更低的单色光，D 错；

改变光源到单缝的距离不会改变 Δx 。A 错。

【答案】 B

2. (多选)如图甲、乙所示分别是 a 、 b 两束单色光用同一双缝干涉装置进行实验得到的干涉图样，下列关于 a 、 b 两束单色光的说法正确的是()



甲



乙

- A. a 、 b 两束单色光在真空中的波长满足 $\lambda_a < \lambda_b$
B. a 、 b 两束单色光在玻璃中的折射率满足 $n_a < n_b$
C. 若该两束光分别为红光和紫光，则 a 光为红光
D. 若 a 、 b 两束单色光分别从玻璃射入空气，则 a 光的临界角较小
E. 若拉大 a 光照射时双缝与屏之间距离，则 a 光干涉图样有可能与 b

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/436022125243010130>